

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-153904

(43)Date of publication of application : 27.05.2003

(51)Int.Cl.

A61B 8/14

A61B 8/06

(21)Application number : 2001-357399

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 22.11.2001

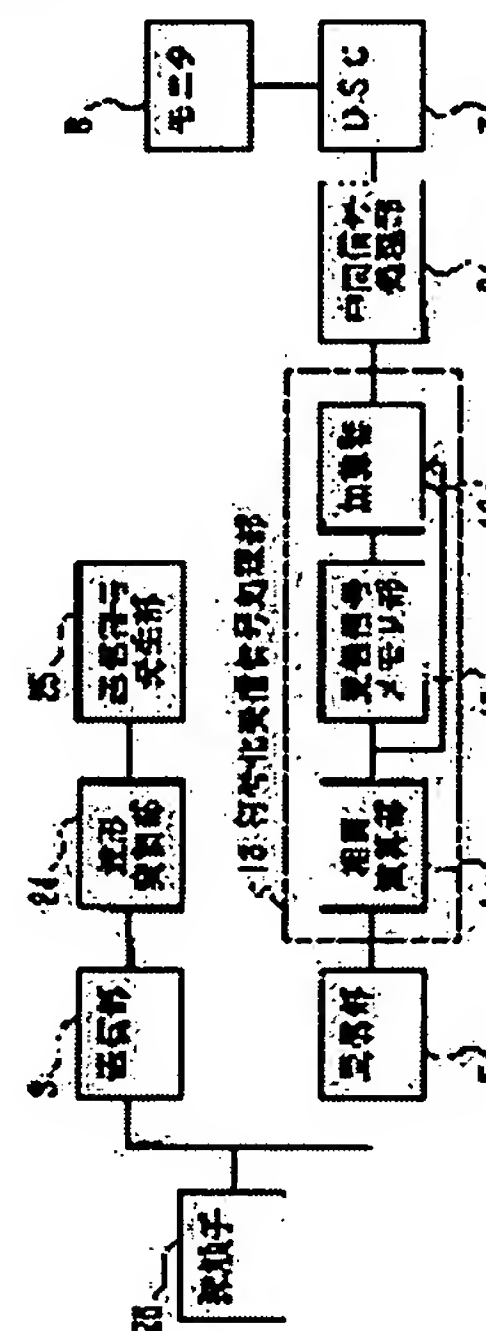
(72)Inventor : SUZUKI TAKAO  
FUKUKITA HIROSHI  
HAGIWARA TAKASHI  
NISHIGAKI MORIO

## (54) REFLECTIVE ECHO IMAGING METHOD AND ULTRASONOGRAPH

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an ultrasonograph providing ultrasonograms of high quality by synthesizing a high-resolution tomogram with a flow component or a nonlinear component without reducing frame rate through a small number of times of transmission.

**SOLUTION:** The ultrasonograph includes a probe 26; a transmitting part 3 driving a vibrator at a waveform that is the basic waveform modulated using a complementary sign; a correlation computation part 14 for calculating the correlation between a previously stored reference waveform and a received signal; a received signal memory part 15 for storing the signals received after correlation; and an adder 16. The complementary signs of the basic waveform are used for first and second transmit waveforms and for first and second reference waveforms. A first post-correlation received signal is calculated and stored and a second post-correlation received signal is also calculated. The first and second post-correlation received signals are added together at the same time phase, whereby an ultrasonogram of high quality can be produced by synthesizing a high-resolution tomogram with a flow component or a nonlinear component without reducing frame rate through a small number of times of transmission.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.09.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3717839

[Date of registration] 09.09.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-153904

(P2003-153904A)

(43)公開日 平成15年5月27日(2003.5.27)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

FI

デーポート\* (参考)

**A 6 1 B      8/14**

A 6 1 B 8/14

4 C 3 0 1.

8/06

8/06

4 C 6 0 1.

審査請求 未請求 請求項の数14 O.L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2001-357399(P2001-357399)

(22)出題日 平成13年11月22日(2001. 11. 22)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 鈴木 隆夫

神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1

号 松下通信工業株式会社内

(72) 発明者 福喜多 博

神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1

号 松下通信工業株式会社内

(74) 代理人 100072604

弁理士 有我 軍一郎

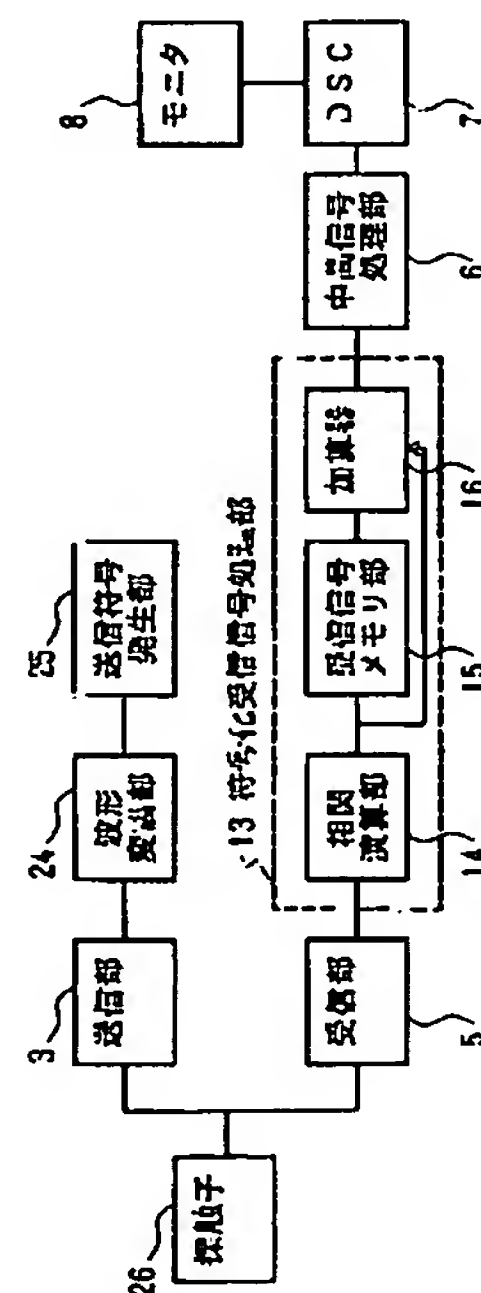
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射エコーイメージング方法および超音波診断装置

(57) 【要約】

【課題】 少ない送信回数でフレームレートを落とすことなく、高分解能断層画像と流れ成分または非線型成分を合成した、高品質な超音波画像が得られる超音波診断装置を提供すること。

【解決手段】 探触子２６と、基本波形を相補符号で変調した波形で振動子を駆動する送信部３と、あらかじめ記憶した参照波形と受信信号の相関を計算する相関演算部１４と、相関後の受信信号を記憶する受信信号メモリ部１５と、加算器１６とを備え、第１，第２送信波形と、第１，第２参照波形に基本波形の相補符号を用い、第１の相関後受信信号を求め、記憶し、第２の相関後受信信号を求め、時相を合わせて加算することにより、少ない送信回数でフレームレートを落とすことなく、高分解能断層画像と流れ成分または非線型成分を合成した、高品質な超音波画像を得ることができる。



(2) 003-153904 (P2003-153904A)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基本波形を相補符号の一方の符号Aで変調した第1の送信波形を送信する第1送信ステップと、前記第1の送信波形を超音波に変換して被検体に放射するとともに、前記被検体から反射された超音波エコーを第1の受信信号として受信する第1受信ステップと、前記符号Aをm倍したものと前記相補符号の他の符号Bを時間的に逆順にした符号をn倍したものを加算した波形である第1の参照波形と前記第1の受信信号との相関を計算して第1の相関後受信信号を求める第1相関演算ステップと、前記第1の相関後受信信号を記憶する受信信号記憶ステップと、前記基本波形を前記符号Bで変調した第2の送信波形を送信する第2送信ステップと、前記第2の送信波形を超音波に変換して前記被検体に放射するとともに、前記被検体から反射された超音波エコーを第2の受信信号として受信する第2受信ステップと、前記符号Bをm倍したものと前記符号Aを時間的に逆順にした符号をn倍したものを減算した波形である第2の参照波形と前記第2の受信信号との相関を計算して第2の相関後受信信号を求める第2相関演算ステップと、前記記憶された第1の相関後受信信号と前記第2の相関後受信信号との時相を合わせ加算する加算ステップと、この加算された受信信号を用いて断層画像を作成する受信信号処理ステップとを備えたことを特徴とする反射エコーイメージング方法。

【請求項2】 前記係数mおよび係数nを受信深度に応じて変化させることを特徴とする請求項1に記載の反射エコーイメージング方法。

【請求項3】 前記係数mおよび係数nを走査方向に応じて変化させることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の反射エコーイメージング方法。

【請求項4】 前記第1送信ステップおよび前記第2送信ステップが、1画像フレーム毎に送信波形を交互に送信し、前記受信信号記憶ステップが、前記第2の相関後受信信号を記憶するとともに、1画像フレーム分の受信信号を記憶し、前記加算ステップが、前記記憶された第2の相関後受信信号と新たに送信された第1の送信波形に対する第1の相関後受信信号との時相を合わせ加算するとともに、前記第1または第2相関演算ステップで求められた画像フレームと前記受信信号記憶ステップで記憶された前記画像フレームの1フレーム前の画像フレームとを加算することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の反射エコーイメージング方法。

【請求項5】 基本波形を相補符号で変調された送信波形を送信する送信部と、

前記送信部から送信された駆動波形を超音波に変換して被検体に放射するとともに、前記被検体から反射された超音波エコーを電気信号に変換する探触子と、あらかじめ記憶した参照波形と前記探触子が受信した受信信号との相関を計算する相関演算部と、この相関演算部に計算された相関後の受信信号を記憶する受信信号メモリ部と、この受信信号メモリ部に記憶された受信信号と前記相関演算部から出力された受信信号との時相を合わせ加算する加算器と、この加算器に加算された受信信号を用いて断層画像を作成する受信信号処理部とを備え、前記送信部が、前記基本波形を前記相補符号の一方の符号Aで変調した第1の送信波形と、前記基本波形を前記相補符号の他の符号Bで変調した第2の送信波形とを送信し、前記探触子が、前記第1の送信波形の放射に対して反射した第1の受信信号と、前記第2の送信波形の放射に対して反射した第2の受信信号とを受信し、前記相関演算部が、前記符号Aをm倍したものと前記符号Bを時間的に逆順にした符号をn倍したものを加算した波形である第1の参照波形と、前記符号Bをm倍したものと前記符号Aを時間的に逆順にした符号をn倍したものを減算した波形である第2の参照波形とを参照波形として記憶し、前記第1の参照波形と前記第1の受信信号との相関を計算して第1の相関後受信信号を求め、前記第2の参照波形と前記第2の受信信号との相関を計算して第2の相関後受信信号を求め、前記受信信号メモリ部が、前記第1の相関後受信信号を記憶し、前記加算器が、前記受信信号メモリ部に記憶された第1の相関後受信信号と前記相関演算部から出力された前記第2の相関後受信信号との時相を合わせ加算することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項6】 前記相関演算部が、前記係数mおよび係数nを受信深度に応じて変化させることを特徴とする請求項5に記載の超音波診断装置。

【請求項7】 前記相関演算部が、前記係数mおよび係数nを走査方向に応じて変化させることを特徴とする請求項5または請求項6に記載の超音波診断装置。

【請求項8】 前記基本波形が3値1周期のパルス波形であることを特徴とする請求項5から7のいずれか1項に記載の超音波診断装置。

【請求項9】 前記基本波形が1周期の正弦波を3値パルス幅変調した波形であることを特徴とする請求項5から7のいずれか1項に記載の超音波診断装置。

【請求項10】 前記受信信号メモリ部が、1画像フレーム分の受信信号を記憶し、前記送信部が、画像フレーム毎に相補符号の符号Aと符号Bを交互に送信し、



(3) 003-153904 (P2003-153904A)

前記加算器が、前記相関演算部から出力された画像フレームと前記受信信号メモリ部に記憶された前記画像フレームの1フレーム前の画像フレームとを加算することを特徴とする請求項5から9のいずれか1項に記載の超音波診断装置。

【請求項11】 前記相関演算部、前記受信信号メモリ部、前記加算器を有する符号化受信信号処理部を複数備え、前記探触子が、1回の送信で複数方向の受信信号を検出し、

1つの前記符号化受信信号処理部が、1つの前記受信信号を信号処理し、他の前記符号化受信信号処理部が、他の前記受信信号を信号処理し、前記受信信号処理部が、前記受信信号処理部に処理された複数の受信信号を合成して前記断層画像を作成することを特徴とする請求項5から10のいずれか1項に記載の超音波診断装置。

【請求項12】 前記符号化受信信号処理部の1つが、静止組織成分を信号処理し、前記符号化受信信号処理部の他の1つが、流れ成分または非線型成分を信号処理することを特徴とする請求項11に記載の超音波診断装置。

【請求項13】 前記符号化受信信号処理部に入力する信号を選択するスイッチを備え、前記スイッチが、画面がフリーズモードになったときのみ、流れ成分または非線型成分を信号処理する前記符号化受信信号処理部に選択することを特徴とする請求項12に記載の超音波診断装置。

【請求項14】 前記符号化受信信号処理部に入力する信号を選択するスイッチを備え、前記スイッチが、関心領域からの受信信号のみを流れ成分または非線型成分を信号処理する前記符号化受信信号処理部に選択することを特徴とする請求項12に記載の超音波診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、符号化送受信方式を用いた反射エコーイメージング方法及び超音波診断装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】超音波診断装置は、探触子から超音波を被検体に放射し、その反射エコー信号の強度を対応する画素の輝度に変換することで、被検体の断層画像を得る。

【0003】図6に、従来の一般的な電子走査と機械走査の両方に対応した超音波診断装置のブロック図を示す。近年の超音波診断装置では、1回の送信で同時に複数方向の超音波エコーを検出することができる。図は、同時2方向受信に対応した装置を示している。

【0004】図6において、制御部9は、超音波診断装

置全体をコントロールしている。送信波形発生部4は、制御部9の指示を受けて送信波形を発生する。

【0005】電子走査モードでは、送信部3は、超音波が定められた位置／方向に収束／偏向するように、送信波形に対して振動子毎に定められた遅延を与え、さらに増幅して電子走査探触子1を駆動する。電子走査探触子1は、振動子アレイ18を有し、振動子アレイ18は、送信部3から送信された駆動波形を超音波に変換して被検体に放射するとともに、被検体から反射してきた超音波エコーを電気信号に変換する。

【0006】受信部5は、増幅器11とビームフォーマ12からなり、振動子アレイ18のそれぞれの振動子で受信した受信信号を増幅するとともに、それぞれの受信信号に対して定められた遅延を与えた後加算して、定められた位置／方向からの超音波のみを検出する。増幅器11は、受信深度に応じて増幅率を変え、深くなるほど増幅率を大きくするのが一般的である。

【0007】中間信号処理部6は、バンドパスフィルタ31、対数増幅器32、検波器33からなる。バンドパスフィルタ31は、受信深度に応じて中心周波数とバンド幅を変えることができ、受信信号の特性に合わせたフィルタリングを行なうことで、最良の分解能とSN比が得られるようにしている。対数増幅器32は、受信信号のダイナミックレンジを圧縮し、検波器33は、受信信号を検波して、受信信号の強度を輝度に変換する。図では同時2方向受信に対応するために、2系統の中間信号処理部6a、6bを備えている。

【0008】DSC部7は、 $r\theta$ 座標で表される受信信号をXY座標に変換し、モニタ8で断層画像を表示する。

【0009】機械走査モードでは、送信部3は、送信波形を増幅して、機械走査探触子2を駆動する。機械走査探触子2は、単一の振動子19と、振動子19を定められた方向に向ける機械走査機構20からなり、送信部3から送信された駆動波形を超音波に変換して定められた方向に向けて被検体に放射するとともに、被検体から反射してきた超音波エコーを電気信号に変換する。

【0010】受信信号は、増幅器10で増幅されて中間信号処理部6aに入力される。増幅器10は、増幅器11と同様に受信深度に応じて増幅率を変えるのが一般的である。その後、中間信号処理部6、DSC部7で、電子走査モードの時と同様な処理が施され、モニタ8で断層画像を表示する。

【0011】このような超音波診断装置において、近年、2回の送受信により得られた受信信号の和や差から、血流などの流れ成分や、組織の非線形成分を検出しようという試みがある。しかし、これらの反射エコーは組織からの反射エコーに比べ微弱であるため、SN比のよい明瞭な画像が得られないという問題がある。

【0012】送信電圧を上げずに感度を向上させる方法

(4) 003-153904 (P2003-153904A)

として、相補符号による符号化送信方式が知られている。この方式では、相補符号のそれぞれの符号で変調した送信波形を用いて2回の送受信を行ない、それぞれ得られた受信信号に対し、送信時に用いた相補符号で相互相関演算を行ない、これら2本の受信信号を加算することで、距離方向の分解能の劣化なく、感度を向上させることができる。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の方法では、1方向の受信信号を得るために2回の送受信が必要であり、フレームレートが低下するという問題がある。相補符号を用いて流れ成分や非線形成分を検出しようとする、4回の送受信が必要となり、さらにフレームレートが低下することになるという問題があった。

【0014】フレームレートを低下させずに非線形成分を検出する方法として、特開2000-60855号公報に記載されたものがある。同公報によれば、第1の送信コードで変調した波形を送信し、その受信信号と第1の受信コードを相関させた信号を記憶し、第2の送信コードで変調した波形を送信し、その受信信号と第2の受信コードを相関させた信号を加算する。第1の送信コードに対する第1の受信コードの相関と第2の送信コードに対する第2の受信コードの相関の和がゼロになる直交性条件を満たしているため、線形エコー成分が実質的に除去されて、非線形成分のみが残る、というものである。

【0015】しかしながら、現実問題として非線形線分を用いた画像と従来の線形成分を用いた断層画像を合成する必要があるが、同公報では、これについて述べられていない。

【0016】断層画像と、非線形成分画像または流れ成分画像を合成する方法については、特開平11-342129号公報に記載されたものがある。同公報によれば、走査線間処理を行なうフィルタ係数1個を1つ摂動させることにより、断層画像と、非線形成分画像または流れ成分画像を合成する。

【0017】しかしながら、この方式では1回の送受信で得られた断層画像に、複数回の送受信で得られた非線形成分画像または流れ画像が合成されるため、断層画像を得るのに2回の送受信を必要とする相補符号には対応できない。

【0018】本発明はこのような問題を解決するためになされたもので、相補符号を用いて、少ない送信回数でフレームレートを落とすことなく、高分解能断層画像と流れ成分または非線形成分を最適な比率で合成した、高品質な超音波画像が得られる超音波診断装置を提供するものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の反射エコーイメ

ージング方法は、基本波形を相補符号の一方の符号Aで変調した第1の送信波形を送信する第1送信ステップと、前記第1の送信波形を超音波に変換して被検体に放射するとともに、前記被検体から反射された超音波エコーを第1の受信信号として受信する第1受信ステップと、前記符号Aをm倍したものと前記相補符号の他の符号Bを時間的に逆順にした符号をn倍したものを加算した波形である第1の参照波形と前記第1の受信信号との相関を計算して第1の相関後受信信号を求める第1相関演算ステップと、前記第1の相関後受信信号を記憶する受信信号記憶ステップと、前記基本波形を前記符号Bで変調した第2の送信波形を送信する第2送信ステップと、前記第2の送信波形を超音波に変換して前記被検体に放射するとともに、前記被検体から反射された超音波エコーを第2の受信信号として受信する第2受信ステップと、前記符号Bをm倍したものと前記符号Aを時間的に逆順にした符号をn倍したものを減算した波形である第2の参照波形と前記第2の受信信号との相関を計算して第2の相関後受信信号を求める第2相関演算ステップと、前記記憶された第1の相関後受信信号と前記第2の相関後受信信号との時相を合わせ加算する加算ステップと、この加算された受信信号を用いて断層画像を作成する受信信号処理ステップとを備えている。

【0020】これにより、第1の相関後受信信号を、第1の受信信号と、相補符号の符号Aおよび符号Bを用いた第1の参照波形とから求め、第2の相関後受信信号を、第2の受信信号と、相補符号の符号Aおよび符号Bを用いた第2の参照波形とから求め、第1の相関後受信信号と第2の相関後受信信号を加算した受信信号から断層画像を作成するので、静止組織成分と、流れ成分または非線形成分とを分離せず、まとめて処理することができ、少ない送信回数で、高分解能断層画像と流れ成分または非線形成分を合成した、高品質な超音波画像を得ることができることとなる。

【0021】また、本発明の反射エコーイメージング方法は、前記係数mおよび係数nを受信深度に応じて変化させている。これにより、受信深度に応じて、得られる信号の強度や、静止組織成分と流れ成分または非線形成分との出現比率を調整することができ、最適な処理を行うことができることとなる。

【0022】また、本発明の反射エコーイメージング方法は、前記係数mおよび係数nを走査方向に応じて変化させることを特徴としている。これにより、走査方向に応じて、得られる信号の強度や、静止組織成分と流れ成分または非線形成分との出現比率を調整することができ、最適な処理を行うことができることとなる。

【0023】また、本発明の反射エコーイメージング方法は、前記第1送信ステップおよび前記第2送信ステップが、1画像フレーム毎に送信波形を交互に送信し、前記受信信号記憶ステップが、前記第2の相関後受信信号



(5) 003-153904 (P 2003-153904A)

を記憶するとともに、1画像フレーム分の受信信号を記憶し、前記加算ステップが、前記記憶された第2の相関後受信信号と新たに送信された第1の送信波形に対する第1の相関後受信信号との時相を合わせ加算するとともに、前記第1または第2相関演算ステップで求められた画像フレームと前記受信信号記憶ステップで記憶された前記画像フレームの1フレーム前の画像フレームとを加算することを特徴としている。

【0024】これにより、被検体に対して超音波を同一方向に連続して送受信できない装置にも、少ない送信回数でフレームレートを落とすことなく、高分解能断層画像と流れ成分または非線型成分を合成した、高品質な超音波画像が得られる本発明の方法を適用できることとなる。

【0025】さらに、本発明の超音波診断装置は、基本波形を相補符号で変調された送信波形を送信する送信部と、前記送信部から送信された駆動波形を超音波に変換して被検体に放射するとともに、前記被検体から反射された超音波エコーを電気信号に変換する探触子と、あらかじめ記憶した参照波形と前記探触子が受信した受信信号との相関を計算する相関演算部と、この相関演算部に計算された相関後の受信信号を記憶する受信信号メモリ部と、この受信信号メモリ部に記憶された受信信号と前記相関演算部から出力された受信信号との時相を合わせ加算する加算器と、この加算器に加算された受信信号を用いて断層画像を作成する受信信号処理部とを備え、前記送信部が、前記基本波形を前記相補符号の一方の符号Aで変調した第1の送信波形と、前記基本波形を前記相補符号の他の符号Bで変調した第2の送信波形とを送信し、前記探触子が、前記第1の送信波形の放射に対して反射した第1の受信信号と、前記第2の送信波形の放射に対して反射した第2の受信信号とを受信し、前記相関演算部が、前記符号Aをm倍したものと前記符号Bを時間的に逆順にした符号をn倍したものを加算した波形である第1の参照波形と、前記符号Bをm倍したものと前記符号Aを時間的に逆順にした符号をn倍したものを減算した波形である第2の参照波形とを参照波形として記憶し、前記第1の参照波形と前記第1の受信信号との相関を計算して第1の相関後受信信号を求め、前記第2の参照波形と前記第2の受信信号との相関を計算して第2の相関後受信信号を求め、前記受信信号メモリ部が、前記第1の相関後受信信号を記憶し、前記加算器が、前記受信信号メモリ部に記憶された第1の相関後受信信号と前記相関演算部から出力された前記第2の相関後受信信号との時相を合わせ加算する構成を有している。

【0026】この構成により、相関演算部が、第1の相関後受信信号を、第1の受信信号と、相補符号の符号Aおよび符号Bを用いた第1の参照波形とから求め、第2の相関後受信信号を、第2の受信信号と、相補符号の符号Aおよび符号Bを用いた第2の参照波形とから求め、

加算器が、第1の相関後受信信号と第2の相関後受信信号を加算し、受信信号処理部が、加算後の受信信号から断層画像を作成するので、静止組織成分と、流れ成分または非線型成分とを分離せず、まとめて処理することができ、少ない送信回数で、高分解能断層画像と流れ成分または非線型成分を合成した、高品質な超音波画像を得ることができることとなる。

【0027】また、本発明の超音波診断装置は、前記相関演算部が、前記係数mおよび係数nを受信深度に応じて変化させる構成を有している。この構成により、受信深度に応じて、得られる信号の強度や、静止組織成分と流れ成分または非線型成分との出現比率を調整することができ、最適な処理を行うことができることとなる。

【0028】また、本発明の超音波診断装置は、前記相関演算部が、前記係数mおよび係数nを走査方向に応じて変化させる構成を有している。この構成により、走査方向に応じて、得られる信号の強度や、静止組織成分と流れ成分または非線型成分との出現比率を調整することができ、最適な処理を行うことができることとなる。

【0029】また、本発明の超音波診断装置は、前記基本波形が3値1周期のパルス波形である構成を有している。この構成により、送信回路方式を簡略化し、消費電力を抑えることができることとなる。

【0030】また、本発明の超音波診断装置は、前記基本波形が1周期の正弦波を3値パルス幅変調した波形である構成を有している。この構成により、送信波形の高調波成分を最小限に抑えることができることとなる。

【0031】また、本発明の超音波診断装置は、前記受信信号メモリ部が、1画像フレーム分の受信信号を記憶し、前記送信部が、画像フレーム毎に相補符号の符号Aと符号Bを交互に送信し、前記加算器が、前記相関演算部から出力された画像フレームと前記受信信号メモリ部に記憶された前記画像フレームの1フレーム前の画像フレームとを加算する構成を有している。

【0032】この構成により、被検体に対して超音波を同一方向に連続して送受信できない装置にも、少ない送信回数でフレームレートを落とすことなく、高分解能断層画像と流れ成分または非線型成分を合成した、高品質な超音波画像が得られる本発明の装置を適用できることとなる。

【0033】さらに、本発明の超音波診断装置は、前記相関演算部、前記受信信号メモリ部、前記加算器を有する符号化受信信号処理部を複数備え、前記探触子が、1回の送信で複数方向の受信信号を検出し、1つの前記符号化受信信号処理部が、1つの前記受信信号を信号処理し、他の前記符号化受信信号処理部が、他の前記受信信号を信号処理し、前記受信信号処理部が、前記受信信号処理部に処理された複数の受信信号を合成して前記断層画像を作成する構成を有している。

【0034】この構成により、被検体に対して超音波の

(6) 003-153904 (P2003-153904A)

1回の送信で複数方向の受信信号を同時に検出でき、信号処理を行うことができ、被検体の複数箇所の状態を同時に、さらに短時間で診断を行うことができることとなる。

【0035】また、本発明の超音波診断装置は、前記符号化受信信号処理部の1つが、静止組織成分を信号処理し、前記符号化受信信号処理部の他の1つが、流れ成分または非線型成分を信号処理する構成を有している。

【0036】この構成により、静止組織成分と流れ成分または非線型成分に対して、別々の信号処理を加えることができ、それぞれの対象に合わせた処理を行うことができることとなる。

【0037】また、本発明の超音波診断装置は、前記符号化受信信号処理部に入力する信号を選択するスイッチを備え、前記スイッチが、画面がフリーズモードになったときのみ、流れ成分または非線型成分を信号処理する前記符号化受信信号処理部に選択する構成を有している。この構成により、通常動作モードとフリーズモードで処理を変更することができ、それぞれのモードに適した画質とすることができることとなる。

【0038】また、本発明の超音波診断装置は、前記符号化受信信号処理部に入力する信号を選択するスイッチを備え、前記スイッチが、関心領域からの受信信号のみを流れ成分または非線型成分を信号処理する前記符号化受信信号処理部に選択する構成を有している。この構成により、関心領域とそれ以外の領域で処理を変更することができ、それぞれの領域に適した画質とすることができることとなる。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を用いて説明する。

【0040】図1に、本発明の超音波診断装置の主要部分のみのブロック図を示し、原理を説明する。

【0041】図1において、送信符号発生部25は、各送信毎に異なる符号を発生でき、符号Aおよび符号Bからなる相補符号を発生する。波形変調部24は、基本波形を送信符号発生部25で発生された符号で変調した送信波形を発生する。送信部3は、波形変調部24で発生された送信波形を増幅して探触子26を駆動する。

【0042】探触子26は、電子走査探触子または機械走査探触子のいずれかである。また、探触子26は、送信部3から送信された駆動波形を超音波に変換して被検体に放射するとともに、被検体から反射してきた超音波エコーを電気信号に変換する。

【0043】受信部5は、探触子26で受信した受信信号を増幅するとともに、それぞれの受信信号に対して定められた遅延を与えた後加算して、定められた位置／方向からの超音波のみを検出する。また、受信信号を受信深度に応じて増幅率を変え、深くなるほど増幅率を大きくして増幅するのが一般的である。また、受信部5は、

探触子26に機械走査探触子を用いる場合には増幅器を用いても良い。

【0044】符号化受信信号処理部13は、相関演算部14、受信信号メモリ部15、加算器16を有する。

【0045】相関演算部14は、参照波形を記憶し、記憶した参照波形と受信部5から入力した受信信号との相互相関を計算する。参照波形は、受信信号毎かつ受信深度に応じて変えることができる。受信信号メモリ部15は、複数の受信信号を記憶するものである。加算器16は、受信信号メモリ部15で記憶された受信信号と、相関演算部14から出力された受信信号との時相を合わせた後、加算する。

【0046】符号化受信信号処理部13に相関加算処理された受信信号は、中間信号処理部6でバンドパスフィルタリング、対数増幅、検波の各処理を施された後、DSC部7で座標変換され、断層画像としてモニタ8に表示される。

【0047】ここで、符号化受信信号処理部13の詳細を図2に示す。

【0048】相関演算部14は、係数メモリ21と相関演算器22からなり、係数メモリ21に記憶された参照波形と入力された受信信号との相互相関を計算する。上述したように参照波形は、受信信号毎かつ受信深度に応じて変えることができる。受信信号メモリ部15は、複数の受信信号メモリ23a、23b、・・・23nからなり、複数の受信信号を記憶できるようになっている。加算器16は、受信信号メモリ部15のそれぞれの受信信号メモリ23に記憶された受信信号と、相関演算部14の相関演算器22から出力された受信信号の時相を合わせた後、加算する。

【0049】以上のように構成された超音波診断装置を用いて、本発明の動作について詳しく説明する。まず、使用する相補符号を符号Aおよび符号Bとすると、相補符号の定義から、

【0050】

$$A \ast A + B \ast B = 2L\delta \quad \dots \quad (式1)$$

となる。式中、 $\ast$ は相関演算を、 $L$ はAおよびBの符号長を、 $\delta$ はデルタ関数を表す。また、相関の定義から、

【0051】

$$A \ast B(-t) = B \ast A(-t) \quad \dots \quad (式2)$$

が成り立つ。ここで、 $A(-t)$ および $B(-t)$ はAおよびBを時間的に逆順にしたものである。つまり、

【0052】

$$A = [1 \ 1 \ 1 \ -1] \quad \dots \quad (式3)$$

$$B = [1 \ 1 \ -1 \ 1] \quad \dots \quad (式4)$$

とすると、

【0053】

$$A(-t) = [-1 \ 1 \ 1 \ 1]$$

$$B(-t) = [1 \ -1 \ 1 \ 1]$$

である。また、係数メモリ21には次の2つの参照波形



(7) 003-153904 (P2003-153904A)

が記憶され、送信毎に選択して使用することができる。

【0054】

$$C1 = m A + n B(-t) \quad \dots \quad (式5)$$

$$C2 = m B - n A(-t) \quad \dots \quad (式6)$$

ここで、 $n$  は  $m$  に比べ10倍から100 倍程度の値とする。

【0055】まず、第1回目の送信では、送信符号発生部25は、符号A を発生する。このとき送信される第1の送信波形T1は、基本波形をF とすると、

$$T1 = A * F$$

となる。このとき  $*$  は畳み込み演算を表す。

【0056】図3に、送信波形の一例を示す。基本波形として、図3(a)に示すような3値1周期の波形を用い、相補符号として、(式3)および(式4)に示す符号を用いると、第1の送信波形T1は、図3(b)のようになる。また、後述する第2の送信波形は、図3(c)のようになる。

【0057】この第1の送信波形を被検体に送信し、このときの被検体の特性をH1とし、振動子などの装置の特

$$\begin{aligned} SR &= (A * F * H1) \circledast (m A + n B(-t)) + (B * F * H2) \circledast (m B - n A(-t)) \\ &= m F * (H1 * A \circledast A + H2 * B \circledast B) \\ &\quad + n F * \{ H1 * A \circledast B(-t) - H2 * B \circledast A(-t) \} \quad \dots \quad (式7) \end{aligned}$$

となる。ここで、被検体における、動きなどが無い組織成分をHb、血流などの流れ成分または非線型成分をHf1およびHf2 とすると、被検体の特性H1およびH2は、

$$【0061】 H1 = Hb + Hf1$$

$$H2 = Hb + Hf2$$

となる。なお、組織成分Hbに比べ流れ成分または非線型成分の強度は1/10から1/100 程度と微弱である。これを

$$SR = 2L m F * Hb + n F * (Hf1 - Hf2) * A \circledast B(-t) \quad \dots \quad (式8)$$

となる。(式8)において、第1項は、基本波形を送信して得られた組織部分の断層画像の特性を意味しており、基本波形F を相補符号A とB で変調した時間的に長い波形を用いて送信した場合でも、短い基本波形F を用いて送信した場合と同様の分解能が得られ、基本波形F を用いて送信したときよりも $2Lm$  倍の強度の受信信号が得られることを示している。また、第2項は、血流などの流れ成分または非線型成分の各送受信間の差分に相当する特性を意味している。つまり、これらの線形加算である相関加算後受信信号SRをDSC部7で座標変換して得られた画像は、相補符号によって得られた高分解能断層画像と、血流などの流れ成分または非線型成分の画像を $m$  対 $n$  の比率で合成した画像である。

【0064】以上のようにして、本発明では、2回の送信と相互相関処理により、高分解能断層画像と血流などの流れ成分または非線型成分の画像を最適な比率で合成した良好な画像を得ることができる。

【0065】なお、受信深度によって流れ成分の検出率

性を無視すると、受信信号R1は、

$$【0058】 R1 = T1 * H1 = A * F * H1$$

となる。符号化受信信号処理部13では、この受信信号R1と参照波形C1の相互相関を計算し、相関後受信信号CR1を受信信号メモリ部15に記憶する。

$$CR1 = (A * F * H1) \circledast (m A + n B(-t))$$

【0059】同様に第2回目の送信では、送信符号発生部25は符号B を発生し、このときの被検体の特性をH2 とすると、送信波形T2、受信信号R2、相関後受信信号CR2 は、

$$T2 = B * F$$

$$R2 = B * F * H2$$

$$CR2 = (B * F * H2) \circledast (m B - n A(-t))$$

となる。加算器16により、受信信号メモリ部15に記憶されたCR1 と、相関演算部14から出力されたCR2 とを加算すると、加算後受信信号SRは、

【0060】

(式7)に代入し、(式1)と(式2)を適用すると、

$$【0062】 SR = 2L m F * Hb + m F * (Hf1 * A \circledast A + Hf2 * B \circledast B) + n F * (Hf1 - Hf2) * A \circledast B(-t)$$

となる。ここで、 $m \ll n$  および  $Hb \gg Hf1, Hf2$  であるので、第2項は無視することができる。

【0063】

および非線型成分の発生率が異なるため、受信深度に応じて $m$  および $n$  の値を変化させることで、さらに画質を向上させることができる。また、フェーズドアレイ(電子偏向)方式の超音波診断装置では、送受信(走査)方向によって開口の大きさの違いにより、流れ成分の検出率および非線型成分の発生率が異なるため、送受信(走査)方向によって $m$  および $n$  の値を変化させることで、さらに画質を向上させることができる。

【0066】また、基本波形として、図4に示すような正弦波をパルス幅変調した3値波形を、基本波形として用いることで、図3に示した波形と比べ送信波形中の高調波を低減させることができ、被検体の非線型成分をより正確に検出できる。なお、本実施の形態では、基本波形をして3値の波形を用いて説明したが、本発明の要旨は基本波形を限定することではなく、1周期の正弦波をはじめ、各種ウェーブレットを用いることができる。

【0067】次に、図5に、本発明を実現する具体的な超音波診断装置のブロック図を示す。なお、図1と同一

(8) 003-153904 (P2003-153904A)

の機能、動作をする個所は同一の符号を付し、説明を省略する。

【0068】図5は、1送信で同時2方向受信に対応した装置であり、符号化受信信号処理部13と中間信号処理部6を2系統備えている。スイッチ17は、符号化信号処理部13bに☐入力する受信信号を選択するものである。

【0069】制御部9は、超音波診断装置全体をコントロールするものである。送信符号発生部25、波形変調部24は、制御部9の指示を受けて送信波形を発生する。

【0070】電子走査探触子1は、振動子アレイ18を有し、振動子アレイ18は、送信部3から送信された駆動波形を超音波に変換して被検体に放射するとともに、被検体から反射してきた超音波エコーを電気信号に変換する。

【0071】機械走査探触子2は、単一の振動子19と、振動子19を定められた方向に向ける機械走査機構20からなり、送信部3から送信された駆動波形を超音波に変換して定められた方向に向けて被検体に放射するとともに、被検体から反射してきた超音波エコーを電気信号に変換する。

【0072】送信部3は、送信波形を増幅して、電子走査モード時には、電子走査探触子1を駆動し、機械走査モード時には、機械走査探触子2を駆動する。

【0073】受信部5は、増幅器11とビームフォーマ12からなり、振動子アレイ18のそれぞれの振動子で受信した受信信号を増幅するとともに、それぞれの受信信号に対して定められた遅延を与えた後加算して、定められた位置/方向からの超音波のみを検出する。増幅器10は、振動子19が受信した受信信号を増幅するものである。

【0074】電子走査モードにおける本発明の通常動作時では、スイッチ17をA側に接続する。符号化受信信号処理部13aの係数メモリ21および符号化受信信号処理部13bの係数メモリ21は、同じ参照波形、つまり(式5)と(式6)に示す波形を記憶する。

【0075】電子走査モードでは、同一方向に続けて2回の送受信を行なう。まず、符号Aを用いて送信を行ない、ビームフォーマ12で得られた2本の受信信号と

(式5)に示す波形との相互相関演算した結果を受信信号メモリ部15に記憶する。次に、符号Bを用いて送信を行い、受信信号と(式6)に示す波形との相互相関演算した結果と、受信信号メモリ15に記憶された受信信号とを加算器16で加算する。このようにして、2回の送信で2本の相関加算後受信信号が得られる。

【0076】2本の相関加算後受信信号に対して、中間信号処理部6では同じ処理が加えられ、DSC部7で座標変換してモニタ8に表示する。

【0077】以上のようにして、高分解能断層画像と血

流などの流れ成分または非線型成分の画像を最適な比率で合成した良好な画像を得ることができる。

【0078】次に、スイッチ17をB側に接続した場合について説明する。符号化受信信号処理部13aの係数メモリ21には、符号Aおよび符号Bをm倍した波形が記憶され、動きのない組織成分を検出する。中間信号処理部6aでは、組織成分の画質が最良となるように、バンドパスフィルタ係数、対数増幅器の増幅率が設定される。

【0079】符号化受信信号処理部13bの係数メモリ21には、符号Bおよび符号Aを時間的に逆順にした符号をn倍した波形が記憶され、流れ成分または非線型成分を検出する。中間信号処理部6bでは、流れ成分画像または非線型成分画像の画質が最良となるように、バンドパスフィルタ係数、対数増幅器の増幅率が設定される。

【0080】組織成分画像と流れ成分画像または非線型成分画像は、DSC部7で合成、座標変換され、モニタ8に表示される。

【0081】以上の処理により、さらに高画質を実現することができる。ただし、この方法はフレームレートが半減するという欠点がある。フレームレートと画質を両立するために、関心領域を設定し、関心領域内を画像化する場合のみスイッチ17をB側に接続し、それ以外の領域はA側で使用するこゝで、フレームレートの低下を最小限としつつ、重要な領域は高品質な画像とすることができる。また、通常はスイッチ17をA側に接続して高フレームレートの動画像を使用し、フリーズキーが押され、画像を静止した場合のみスイッチ17をB側として高画質の静止画像を表示することも有効な手段である。

【0082】次に、機械走査モードにおいて本発明を実現する方法について説明する。機械走査探触子2では、モーターなどの走査機構20を用いて振動子19の向きを変化させるため、電子走査では容易な、同じ方向に複数回送受信し、次に方向を変えて複数回送受信するといった制御が困難である。本発明では、受信信号メモリ部15に1画像フレーム分の受信信号が記憶できるだけの記憶容量を持たせ、画像フレーム毎に符号を切り替えて送受信処理を行なう。

【0083】まず、1画像フレーム分の送信を符号Aを用いて行い、受信信号と(式5)に示す波形との相互相関演算した結果を受信信号メモリ部15に記憶する。次の画像フレームでは、符号Bを用いて送信を行い、受信信号と(式6)に示す波形との相互相関演算した結果を、受信信号メモリ部15に記憶するとともに、受信信号メモリ15に記憶された1画像フレーム前の同じ方向からの受信信号と加算する。

【0084】以上の処理により、機械走査モードにおいても、高分解能断層画像と血流などの流れ成分または非

(9) 003-153904 (P2003-153904A)

線型成分の画像を最適な比率で合成した画像を得ることができる。

【0085】なお、画像フレーム毎に送信波形を切り替えることによって、同一方向への送受信間隔を一定とすることができ、当該画像フレームと1フレーム前の画像フレームを加算することで、フレームレートを低下させることがないという効果がある。この効果は電子走査モードでも同様に得ることができるため、送信波形の切り替えを画像フレーム毎に行なうことは電子走査モードでも有効である。

【0086】なお、図5に示すような電子走査モードにおける同時2方向受信と機械走査モードとともに搭載した装置では、スイッチ17をC側に接続することにより、機械走査モードでも断層画像と流れ成分または非線型成分の画像を別々に処理することが可能である。

【0087】なお、以上の説明では符号化送受信を用いた超音波診断装置について説明したが、本発明の要旨はレーダーやソナー、地中探査装置、非破壊検査装置など、反射エコーイメージング装置および反射エコー探索装置すべてに対し有効である。

【0088】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、第1の相関後受信信号を、第1の受信信号と、相補符号の符号Aおよび符号Bを用いた第1の参照波形とから求め、第2の相関後受信信号を、第2の受信信号と、相補符号の符号Aおよび符号Bを用いた第2の参照波形とから求め、第1の相関後受信信号と第2の相関後受信信号を加算した受信信号から断層画像を作成することにより、静止組織成分と、流れ成分または非線型成分とを分離せず、まとめて処理することができ、少ない送信回数で、高分解能断層画像と流れ成分または非線型成分を合成した、高品質な超音波画像を得ることができるというすぐれた効果を有する反射エコーイメージング方法および超音波診断装置を提供することができるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明するための超音波診断装置を示す簡略ブロック図

【図2】本発明の実施の形態における符号化受信信号処

理部を示す詳細図

【図3】本発明の基本波形と送信波形の一例を示す波形図

【図4】本発明の基本波形の一例を示す波形図

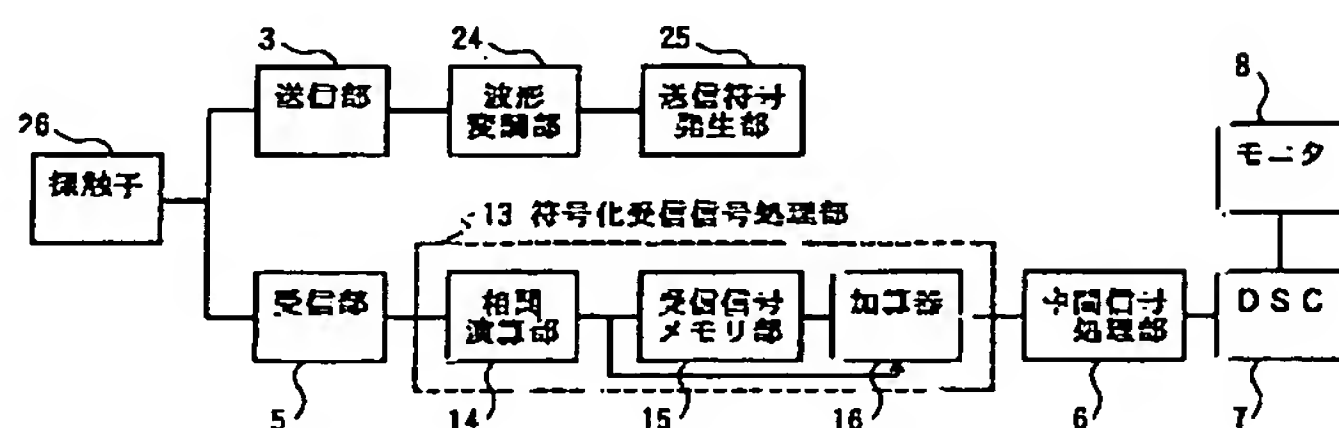
【図5】本発明の実施の形態における超音波診断装置を示すブロック図

【図6】従来の超音波診断装置の一例を示すブロック図

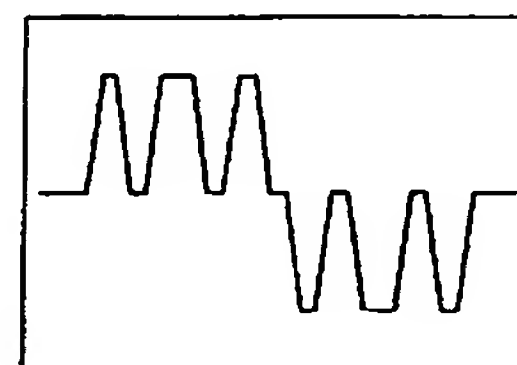
【符号の説明】

- 1 電子走査探触子
- 2 機械走査探触子
- 3 送信部
- 4 送信波形発生部
- 5 受信部
- 6 中間信号処理部
- 7 DSC部
- 8 モニタ
- 9 制御部
- 10 増幅器
- 11 増幅器
- 12 ビームフォーマ
- 13 符号化受信信号処理部
- 14 相関演算部
- 15 受信信号メモリ部
- 16 加算器
- 17 スイッチ
- 18 振動子アレイ
- 19 振動子
- 20 機械走査機構
- 21 係数メモリ
- 22 相関演算器
- 23 受信信号メモリ
- 24 波形変調部
- 25 送信符号発生部
- 26 探触子
- 31 バンドパスフィルタ
- 32 対数増幅器
- 33 検波器

【図1】



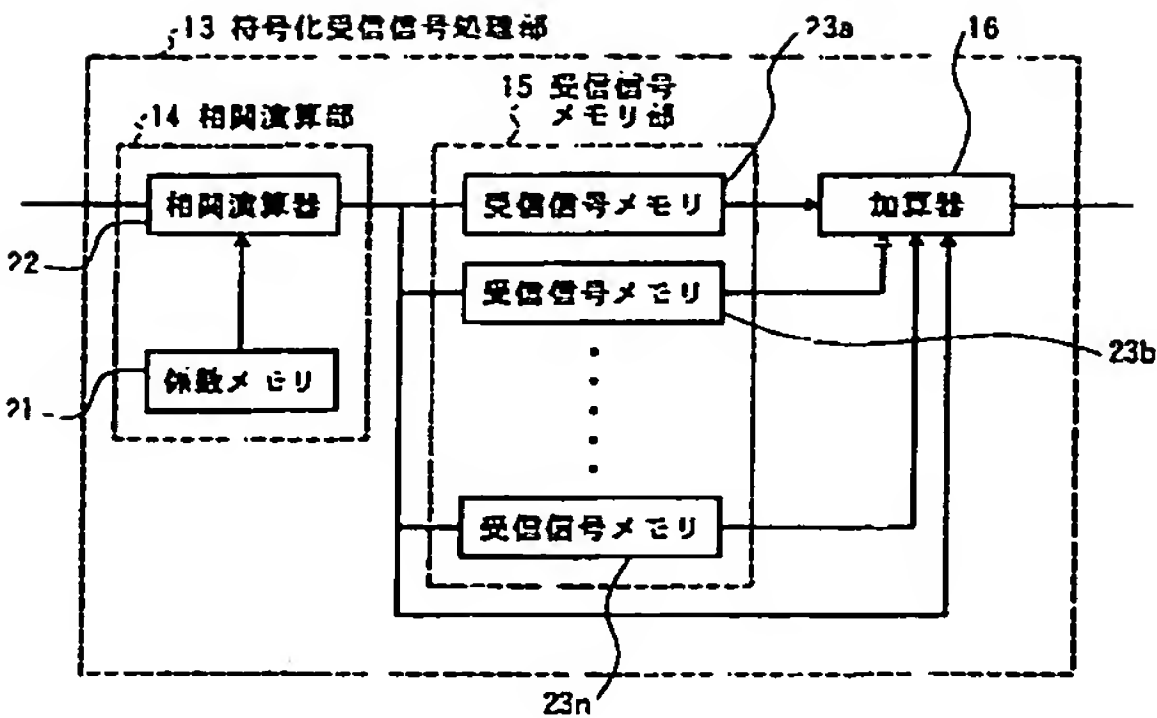
【図4】



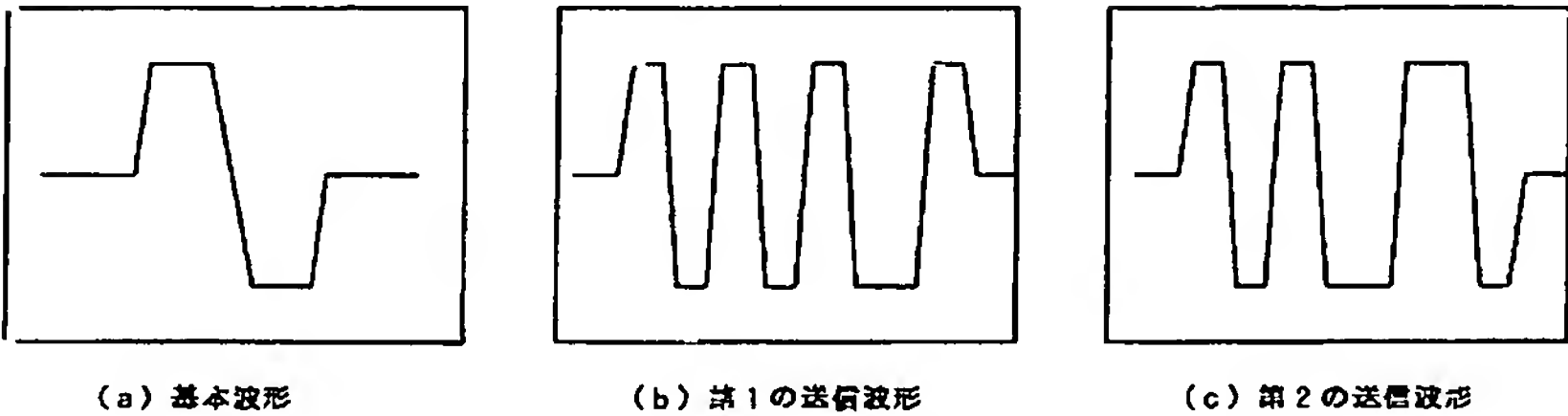


(10) 03-153904 (P2003-153904A)

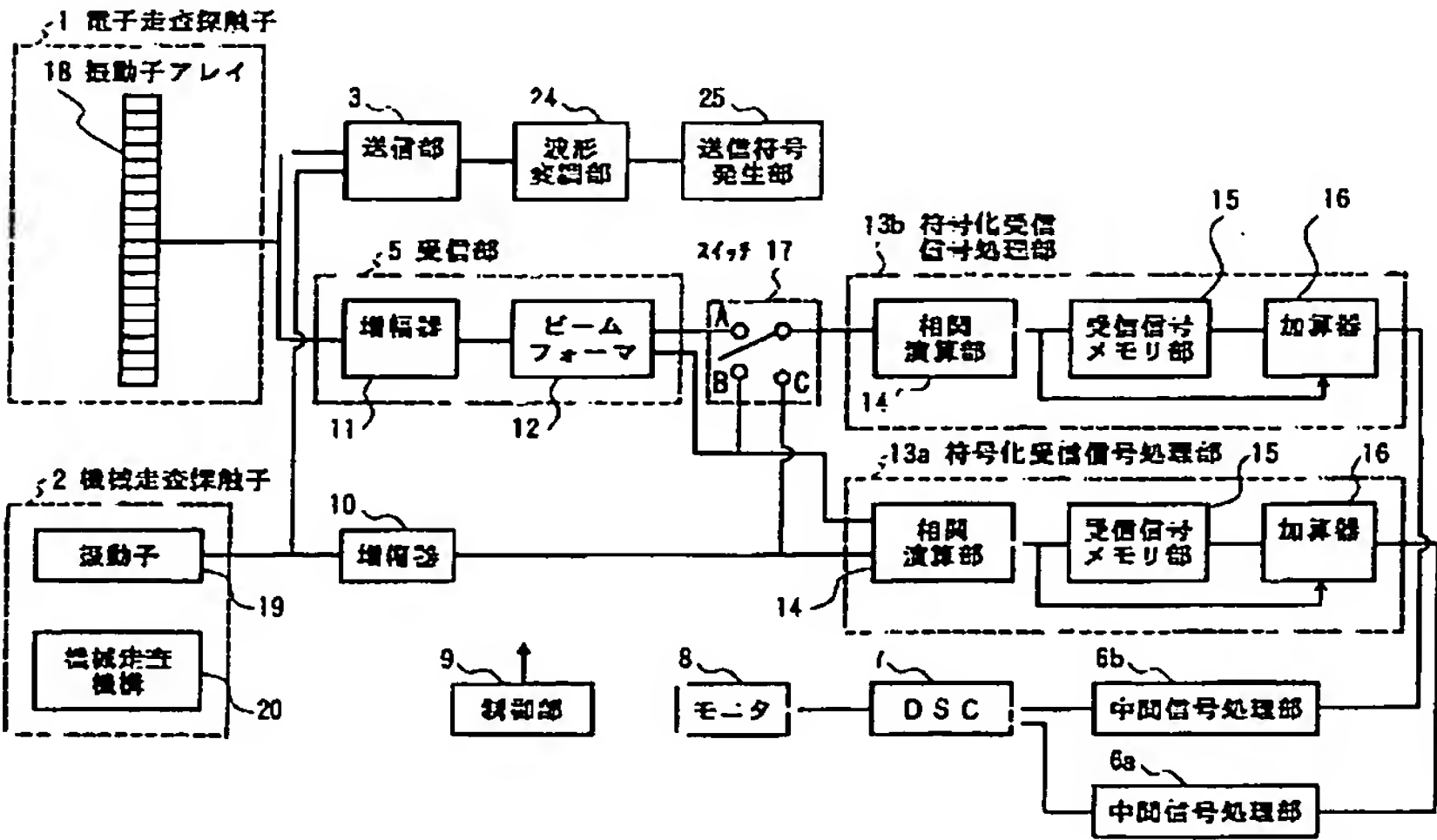
【図2】



【図3】

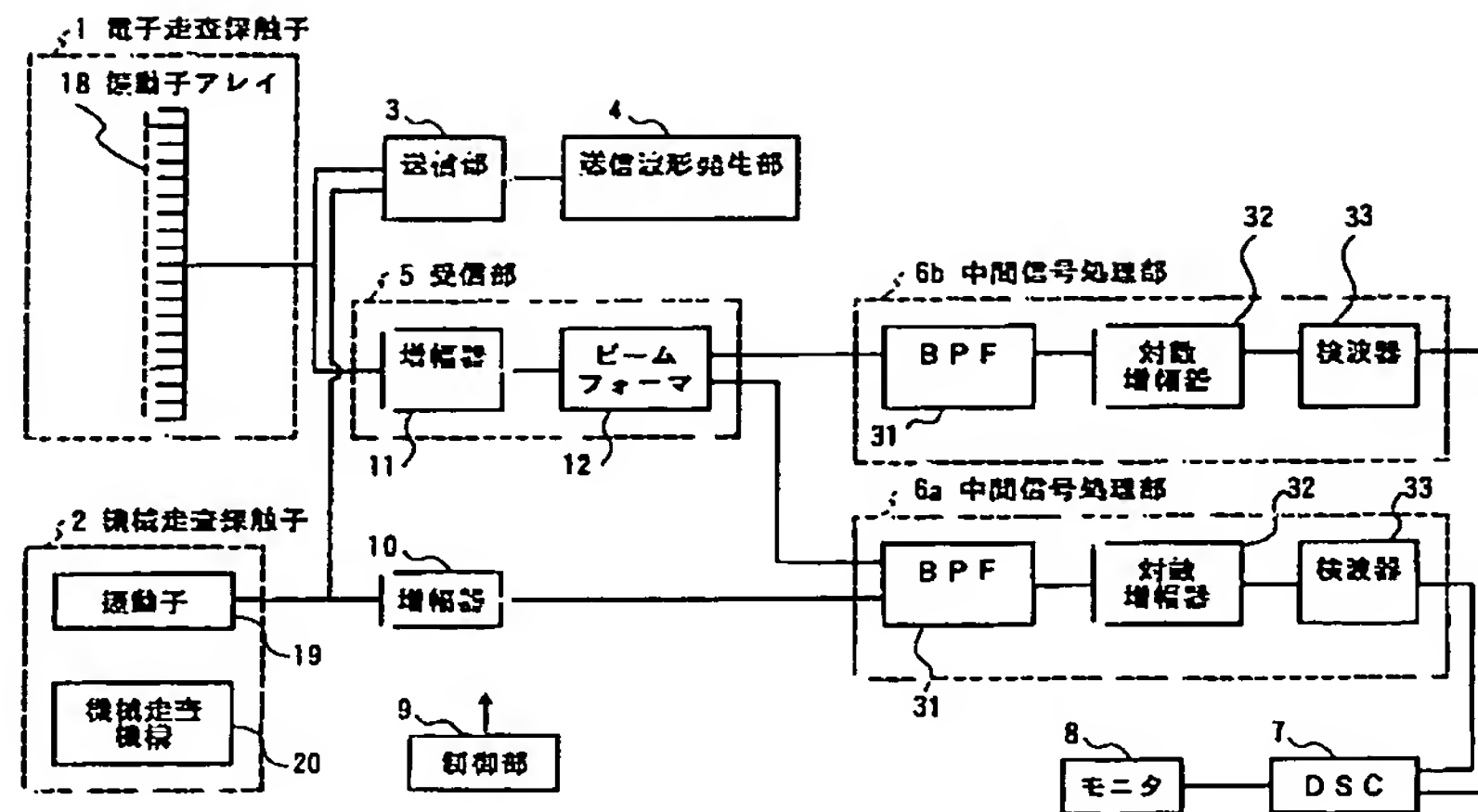


【図5】



(第1) 03-153904 (P2003-153904A)

【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 萩原 尚

神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1

号 松下通信工業株式会社内

(72)発明者 西垣 森緒

神奈川県横浜市港北区綱島東四丁目3番1

号 松下通信工業株式会社内

Fターム(参考) 4C301 CC02 DD01 EE01 EE07 EE10

HH01 HH02 HH09 HH11 JB24

JB28 JB29 JB32 JB38 JB46

JB47 JC14 KK01 KK21 LL05

4C601 DD03 EE01 EE04 EE07 HH04

HH05 HH14 JB28 JB31 JB34

JB35 JB37 JB41 JB45 JB47

JC15 JC20 JC21 KK01 KK12

KK18 LL01 LL05